

EVALUACIÓN MICROESTRUCTURAL DE RECUBRIMIENTOS DE Zn 4Al, Zn 6Al Y Zn 10Al SOBRE UN ACERO SAE 1020 SOMETIDO A ENSAYOS DE TRACCIÓN.

Gerardo González ^{1*}, Anahan Pacheco ¹.

¹Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” Vicerrectorado de Barquisimeto. UNEXPO.

Barquisimeto, Venezuela.

Urbanización Los Cardones Torre G apartamento 101, piso 10, Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela.

* Autor de correspondencia: gerardogonzalez58@gmail.com

Recibido: Octubre 2009. Aprobado: Diciembre 2009.

Publicado: Enero 2010.

RESUMEN

Las aleaciones Zinc Aluminio (ZA) son hoy en día utilizadas en los procesos de galvanizado por inmersión en caliente a fin de producir recubrimientos para la protección a la corrosión de estructuras metálicas. El objetivo de esta investigación es evaluar la microestructura de recubrimientos ZA depositados sobre un acero SAE 1020 y su comportamiento al ser sometidos a ensayos de tracción. Se prepararon probetas estandarizadas para el ensayo de tracción según la norma COVENIN 299 aplicándoles recubrimientos de las aleaciones; Zn-4%Al, Zn-6%Al y Zn-10%Al por el método de inmersión en caliente. Luego se realizó la preparación metalográfica siguiendo la norma ASTM E-3, se usó la Microscopía Óptica (MO) para la medición de espesor del recubrimiento y conteo de grietas. El análisis microestructural se realizó por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y la caracterización de los micro-constituyentes fue posible con la aplicación de EDX. Como resultado de esta serie de ensayos se observó la microestructura y el comportamiento de cada una de las aleaciones usadas para los recubrimientos aplicados, se reveló que los recubrimientos presentan zonas o capas bien diferenciadas por la morfología y distribución de las fases presentes. Se llegó a la conclusión que las probetas que presentaban mejores propiedades mecánicas ante la aplicación de cargas uniaxiales, fueron las de aleación de Zn – 6%Al. La microestructura observada se caracteriza por presentar precipitados de Zn-Al-Fe en una matriz rica en Zinc, los cuales aumentan en cantidad y tamaño a medida que el porcentaje de Aluminio se incrementa

Palabras Claves: Aleaciones Zinc – Aluminio, Microscopía Óptica y Electrónica de Barrido, galvanizado.

MICROSTRUCTURAL EVALUATION OF Zn 4Al, Zn 6Al Y Zn 10Al COATINGS ON SAE 1020 SUBMITTED TO TENSILE TESTS.

ABSTRACT

Nowadays, Zinc Aluminum Alloys (ZA) are generally used for galvanization, in order to prevent the attack produced by corrosion. In this investigation, the microstructure of deposited layers of ZA on SAE 1020 steel is evaluated, as well as its behavior when submitted to tensile tests. For this purpose, several standardized test were carried out according to the norm COVENIN 299, after applying the covering layers of alloys; Zn-4%Al, Zn-6%Al and the Zn-10%Al by the method of hot immersion. After performing the tensile test, a metallographic examination was made, according to norm ASTM E-3. The measurement of the thickness of the layers and the counting of cracks was made by **Optics Microscopy** (OM). The microstructure analysis was made by **Scanning Electronic Microscopy** (SEM). The characterization of the micro-components was made with the application of **EDX**. It can be concluded that the samples with better mechanical properties, were those covered with the alloy of Zn - 6%Al. The observed microstructure displayed Zn-Al-Fe precipitates in a rich Zinc matrix; they increase in quantity and size with the percentage of aluminum in the alloy.

Key words: Zinc Aluminum Alloys, Optical and Scanning Electronic Microscopy, galvanization

INTRODUCCIÓN.

Las aleaciones Zinc Aluminio (ZA) son hoy en día utilizadas en los procesos de galvanizado por inmersión en caliente a fin de producir recubrimientos para la protección a la corrosión de estructuras metálicas [1]. La capa protectora estará formada por una estructura eutéctica de Zn-Al y de una aleación de Zn-Al-Fe, lo que garantiza un grado de protección similar al que se consigue con el acero inoxidable pero con un costo muchísimo menor que éste [2].

El objetivo de esta investigación es evaluar la microestructura de recubrimientos ZA depositados sobre un acero SAE 1020 y su comportamiento al ser sometidos a ensayos de tracción, a fin de alcanzar este objetivo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar mediante microscopía óptica y electrónica las capas y la interfase con el acero de aleaciones Zn-4%Al, Zn-6%Al y Zn-10%Al depositadas en probetas mediante inmersión en caliente, después de ser sometidas a un ensayo de tracción bajo la norma COVENIN 299.
- Analizar el comportamiento mecánico de los recubrimientos relacionando las cargas aplicadas, con la adherencia de las capas y el agrietamiento.

Es importante señalar que este tipo de sistema de aleaciones ZA representan una alternativa tecnológica para el mejoramiento de la calidad de los recubrimientos anticorrosivos y conocer las características micro estructurales de los mismos, una vez que el material base sobre el cual se han depositado halla sido traccionado, es esencial para evaluar su comportamiento en cuanto a la adherencia y la formación y crecimiento de grietas. Con este estudio se pudo comparar dicho comportamiento entre tres tipos de aleaciones ZA

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se prepararon 27 probetas de acero SAE 1020 de tracción, estandarizadas según la norma COVENIN 299. Posteriormente se aplicaron los recubrimientos de las aleaciones; Zn-4%Al, Zn-6%Al y Zn-10%Al por el método de inmersión en caliente. Se realizaron 27 probetas a partir de pletinas de acero SAE 1020 (ver figura 1) cortadas en la tronadora de la UNEXPO con las siguientes dimensiones: espesor 5 mm, largo 250 mm, y ancho 25 mm. El galvanizado se llevo a cabo en un crisol de acero inoxidable utilizando un horno eléctrico con control de temperatura, la cual se mantuvo en un rango entre 600 y 700 °C.

Los ensayos de tracción fueron realizados en una máquina universal para ensayos mecánicos ubicada en la empresa SIDETUR planta Barquisimeto (ver figura 2) con capacidad de 60 toneladas y velocidad de aplicación de la carga controlada a 1 mm/s, aplicando cargas inferiores al límite de fluencia del acero (El límite de fluencia para un acero SAE 1020 es de 420 MPa); es decir; se trabajo en la zona elástica para simular el comportamiento del recubrimiento en condiciones normales de trabajo.

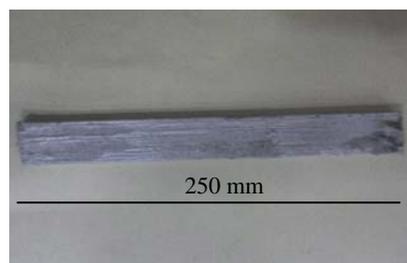


Fig. 1. Probeta galvanizada con aleación ZA.

Los intervalos de esfuerzos aplicados fueron (100 – 115 MPa), (150 – 165 MPa), (200 – 218 MPa) y (219 – 227 MPa); se hicieron con intervalos, ya que no se poseía un control exacto para lograr detener el ensayo en una carga específica.



Fig. 2. Máquina de ensayo universal.

Luego de realizar el ensayo de tracción se cortó las probetas para su preparación metalográfica siguiendo la norma ASTM E-3 [4], se usó la Microscopía Óptica (MO) para la medición de espesor y conteo de grietas (ver figura 3) utilizando un microscopio metalográfico invertido marca OLYMPUS, y un ocular reticulado con una apreciación de 0,01 mm. El microscopio óptico tiene instalada una cámara de video JVG conectada a un computador con tarjeta capturadora de imágenes lo cual permite almacenar las micrografías para el posterior conteo de grietas.



Fig. 3. Sistema óptico para la medición y conteo de grietas en el recubrimiento.

El análisis microestructural se realizó por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y la caracterización de los micro-constituyentes fue posible con la aplicación de EDX. El microscopio electrónico de barrido utilizado se encuentra ubicado en el IUT región Capital, Los Teques, Estado Miranda, y tiene un accesorio para la determinación de elementos por difracción de rayos X.

La medición de la Adherencia del Recubrimiento se hizo de la siguiente manera: se identificaron la zona de estudio sobre cada probeta, se le colocó en la zona cinta adhesiva (3M), se le desprendió la cinta con la máquina de ensayos de adherencia a una fuerza constante (ver figura 4)

Se fotografió el área donde se colocó la cinta en la probeta; se tomó la zona central ya que en esta zona el material no poseía ningún tipo de contacto con la mordaza ni el comparador de carátula al momento de realizar el ensayo de tracción. El porcentaje de recubrimiento desprendido sería el que quedara adherido a la cinta adhesiva, lo cual es verificado con la ayuda de una lupa estereoscópica.

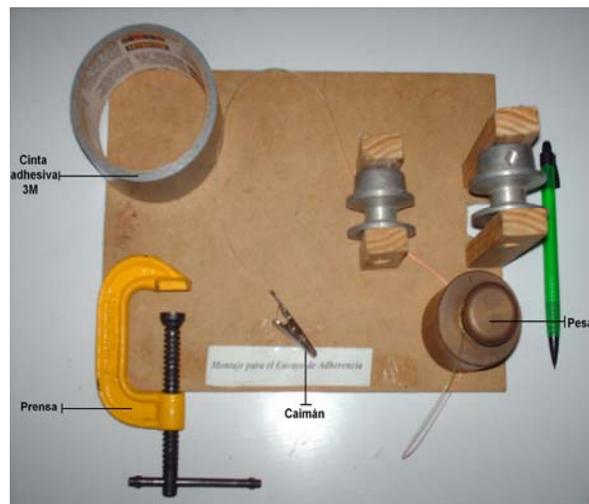


Fig. 4. Equipo para realizar ensayos de adherencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Como resultado de esta serie de ensayos se caracterizó la microestructura y el comportamiento de cada una de las aleaciones usadas para los recubrimientos aplicados, se observó que los recubrimientos presentan zonas o capas bien diferenciadas por la morfología y distribución de las fases presentes (ver Figuras 5 y 6).

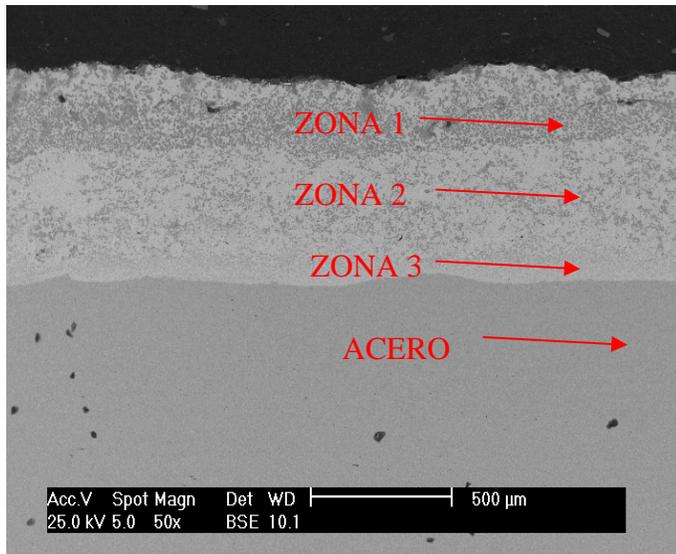


Fig. 5. Micrografía vista a 50X en Microscopio Electrónico de Barrido (SEM); se observan diferentes zonas del recubrimiento Zn-4%Al, la parte superior oscura corresponde al material de montaje (Bakelita), las capas de la aleación Zinc Aluminio se identificaron como zona 1, 2 y 3, en la parte inferior se observa el material base de la probeta de acero SAE 1020 sin ataque químico.

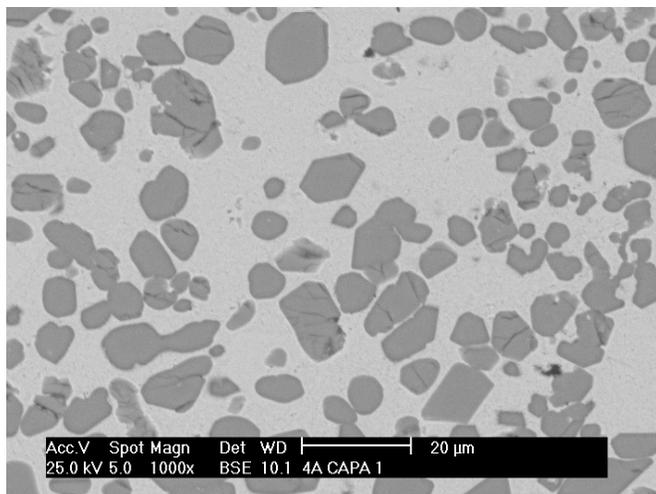


Fig. 6. Micrografía vista a 1000X por microscopía electrónica de barrido; Se observa un detalle de la zona 1, la microestructura esta constituida por una matriz rica en Zn y precipitados de Zn – Al – Fe.

El análisis puntual (EDX) de los precipitados muestra como resultado un % en peso de Zn = 20,14; Fe = 35,16; Al = 43,08 (ver Figura 7).

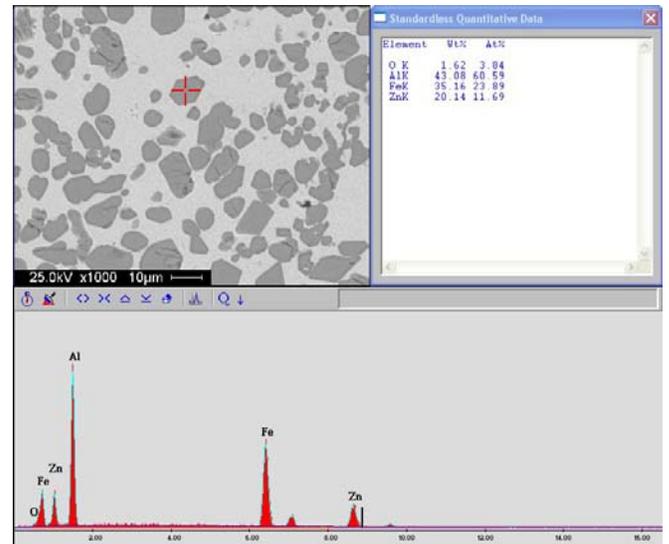


Fig. 7. Micrografía vista a 1000X por SEM; Se hace estudio con EDX en un precipitado de la primera zona del recubrimiento Zn4%Al.

Al someter las probetas a un esfuerzo de 160 MPa y mayores, los recubrimientos sufren agrietamiento (ver figura 8), la cantidad de grietas aumenta al aumentar el porcentaje de Aluminio en la aleación (ver figura 9)

Durante el conteo de grietas en las probetas, se lograron obtener algunas microfotografías que evidencian cómo la carga aplicada afectó el recubrimiento; aquí se muestran algunas de las grietas tomadas en el microscopio óptico. Utilizando la microscopía óptica se midieron los espesores de las probetas recubiertas con las aleaciones ZA, los resultados se muestran en la tabla 1.

Las tablas 2, 3 y 4 muestran los resultados del conteo de grietas y el porcentaje de adherencia por cada tipo de recubrimiento ensayado.

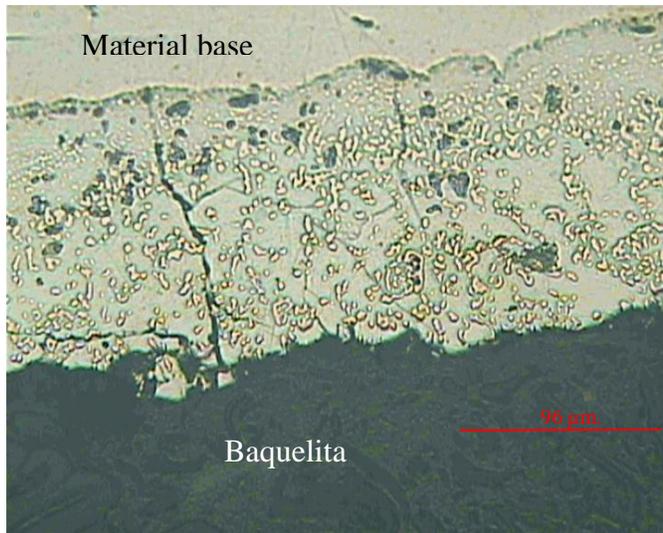


Fig. 8. Micrografía por microscopia optica donde se observa una grieta localizada en la probeta D2 (Zn – 6%Al). Con una magnificación real de 271X; además muestra la disminución de los tamaños de grano a medida que se acerca al material base.

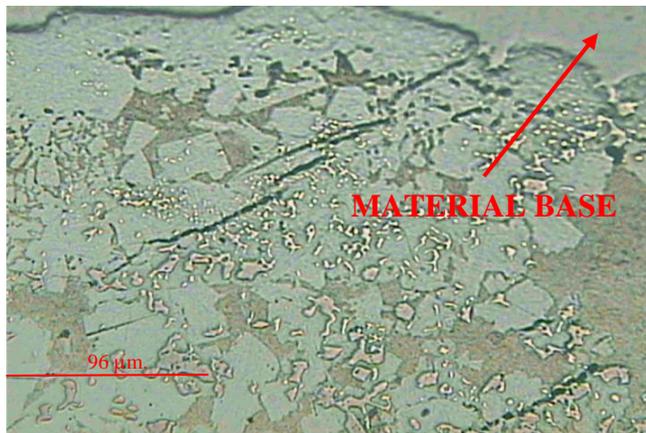


Fig. 9. Micrografía por microscopia optica donde se observan grietas localizadas en la probeta G3 (Zn – 10%Al). Con una magnificación real de 271X; se revela el eutéctico Zn-Al y una mayor cantidad de grietas con respecto a las formadas en la aleación Zn 6%Al).

Tabla 1. Valores Promedio Del Espesor de las aleaciones depositadas

Nº de mediciones	Aleaciones		
	Zn – 4%Al (μm)	Zn – 6%Al (μm)	Zn – 10%Al (μm)
1 ^{ra}	600	500	200
2 ^{da}	600	300	300
3 ^{ra}	600	400	300
4 ^{ta}	500	300	400
5 ^{ta}	600	200	100
6 ^{ta}	600	500	200
7 ^{ma}	600	400	300
8 ^{va}	500	300	300
Promedio	575	362,5	262,5

Tabla 2. Conteo de grietas en la Aleación Zn – 4%Al

Probetas (Acero SAE 1020)	Esfuerzo (MPa)	Número de Grietas (η)	% de Adherencia
A1	227	6	100
B1	101,3	4	100
C1	215	12	100
D1	161,3	9	100
E1	113	N/E	100
F1	219	N/E	100
G1	218	N/E	100
H1	163,8	N/E	100

Tabla 3. Conteo de grietas en la Aleación Zn – 6%Al

Probetas (Acero SAE 1020)	Esfuerzo (MPa)	Número de Grietas (η)	% de Adherencia
A2	227	10	100
B2	108,4	6	100
C2	222	N/E	100
D2	159,6	4	100
E2	217	5	100
F2	214	N/E	100
G2	105,7	N/E	100
H2	160,3	N/E	100

Tabla 4. Conteo de grietas en la Aleación Zn – 10% Al

Probetas (Acero SAE 1020)	Esfuerzo (MPa)	Número de Grietas (η)	% de Adherencia
A3	224	N/E	100
B3	216	N/E	100
C3	109,5	N/E	100
D3	164,3	4	100
E3	227	9	100
F3	212	9	100
G3	100,6	4	100
H3	154	N/E	100

CONCLUSIONES

- La adición de aluminio al baño de zinc, provoca la formación de precipitados ternarios, de los elementos presentes en el baño y una matriz de solución sólida de Zn.
- Al aplicar esfuerzos de tracción, entre 100 MPa y 227 MPa. a las probetas, se observa la aparición de grietas, sin que se desprenda el recubrimiento.
- La nucleación de grietas ocurre en la superficie del recubrimiento y se propaga hacia la interfase recubrimiento – sustrato.
- El menor porcentaje de grietas se presenta en la aleación Zn – 6% Al.

REFERENCIAS

[1] Rodríguez, K; 2007 “Estudio del comportamiento a la tracción de la capa de cinc depositada por galvanizado en caliente sobre un acero de bajo carbono” Trabajo de grado. UNEXPO. Barquisimeto. Venezuela.

[2] Bettermann OBO “Double Dip, el nuevo proceso de galvanización para sistemas de portacables”. 2004. www.Info-magazine.net.

[3] Norma venezolana COVENIN 299-89 “Ensayo de Tracción” FONDONORMA Caracas Venezuela

[4] Norma ASTM E-3 “Método para la preparación de probetas metalográficas” 2001, USA

[5] http://www.saint-gobain-canalizacion.com/paginas/docs/Revista%20Hojas/Numero%2014/R_Hojas_14.pdf
10 de abril de 2008. Hora: 07:09 pm.

[6] http://www.construnario.info/notiweb/tematicos_resultado.asp?id=89&informe=1
19 de abril de 2008. Hora: 11:39 pm.